

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт инженерной физики и радиоэлектроники
Кафедра экспериментальной физики и инновационных технологий

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.К. Москалев
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 20 ____ г

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

27.03.05 – Инноватика

«Разработка технико-экономического обоснования внедрения инновационного
продукта в области энергетики на примере фирмы ООО «ЕcoHydro»»

Руководитель _____ доц, канд. техн. наук

подпись, дата должность, ученая степень

А.В.Вершков

инициалы, фамилия

Выпускник _____

подпись, дата

А.А.Папкина

инициалы, фамилия

Красноярск 2017

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка технико-экономического обоснования внедрения инновационного продукта в области энергетики (на примере фирмы ООО «EcoHydro»)» содержит 40 страницы текстового документа, 14 рисунков, 10 таблиц, 14 использованных источников.

Объектом исследования является ООО «EcoHydro», предметом – установка микроГЭС с ортогональной турбиной.

Целью данной работы является разработка технико-экономического обоснования внедрения инновационного продукта в области энергетики (на примере фирмы ООО «EcoHydro»).

Для успешной реализации цели работы были поставлены следующие задачи:

- произвести анализ существующих подходов к гидроэнергетике;
- произвести сравнительный анализ технических характеристик предлагаемого технического решения с аналогами;
- проанализировать опыт зарубежных стран;
- проанализировать альтернативные источники энергии;
- выявить условия эффективного внедрения микроГЭС с ортогональной турбиной;
- произвести сравнительный анализ экономических характеристик предлагаемого технического решения с аналогами.

Обоснование экономической эффективности от внедрения системы проводилось на примере работы фирмы ООО «EcoHydro». В работе было проведено сравнение технических и экономических характеристик аналогов, выявлены условия эффективного внедрения микроГЭС с ортогональной турбиной.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Содержание и особенности инновации	7
2. Техническое обоснование	15
2.1 Анализ существующих подходов к гидроэнергетике	15
2.2 Анализ существующих турбин для мини и микрогэс.....	23
2.3 Сравнительный анализ технических характеристик предлагаемого технического решения с аналогами	25
3. Экономическое обоснование	31
3.1 Условия эффективного внедрения микрогэс с ортогональной турбиной..	31
3.2 Сравнительный анализ цен	35
3.3 Анализ альтернативных источников энергии	36
3.4 Зарубежный опыт	39
Заключение	40
Список использованных источников	42

ВВЕДЕНИЕ

Мы живем на переломе двух эпох — эпохи углеводородного топлива и эпохи альтернативной энергетики. Углеводородное топливо человечество интенсивно использует уже второе столетие, которое очевидно будет последним. В условиях экономического кризиса доля его будет зависеть от того, насколько быстро до начала исчерпания запасов углеводородного топлива будут разработаны новые технологии в альтернативной энергетике. Иными словами многое зависит от нас, в том числе и наше здоровье, здоровье и благополучие наших детей. Поэтому вполне понятно стремление многих стран в современных условиях к максимальному использованию, но на новых принципах, возобновляемых источников энергии — ветра, солнца, биомассы и т.д. На данный момент энергоэффективность возводится в нашей стране в ранг государственной политики [1]. Принят закон об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и одобрены программы, способствующие его реализации.

Одним из вариантов альтернативного источника получения энергии есть мобильная микроГЭС. К микрогидроэлектростанциям относят ГЭС с установленной мощностью до 100 кВт. МикроГЭС используют кинематическую энергию водяного потока в его естественном состоянии. Мобильными МГЭС считают ГЭС, конструктивное исполнение которой предусматривает возможность ее перемещения на другое место без нарушения готовности ее основных узлов.

На существующих в настоящее время низконапорных ГЭС и приливных электростанциях применяются осевые турбины, у которых напорный поток воды движется вдоль оси турбины. Несколько десятилетий эксплуатации и исследований позволили довести конструкцию осевых турбин до высокой степени совершенства, но они дороги и их изготовление возможно лишь на специализированных турбостроительных заводах.

К тому же наиболее просто делать бесплотинные ГЭС, так как сооружение плотины достаточно сложное и дорогое дело и часто требует согласования с местными властями или, по крайней мере, с соседями. В том случае, когда аналоги микроГЭС требуют предварительных работ по изменению русла реки и возведению плотины, у установки микроГЭС с ортогональной турбиной в этом надобности нет.

Ортогональные турбины имеют широкий потенциал для их использования в микро– и мини– ГЭС, приливных электростанциях, волновых морских электростанциях и ветроэнергетических установках [2]. При использовании установки с ортогональной гидравлической турбиной будет достигнуто:

- снижение стоимости изготовления гидроагрегата электростанции по сравнению с существующими аналогами;
- быстрая организация серийного производства, не требующего специализированного оборудования, и обеспечивающего возможность изготовления турбин широкого диапазона мощностей;
- снижение стоимости гидротехнических сооружений;
- отсутствие экологического давления на окружающую среду.

Цель выпускной квалификационной работы – разработать технико-экономическое обоснование внедрения инновационного продукта в области энергетики (на примере компании ООО «EcoHydro»).

Объектом исследования является ООО «EcoHydro», предметом – установка микроГЭС с ортогональной турбиной.

Задачи работы:

- произвести анализ существующих подходов к гидроэнергетике;
- произвести сравнительный анализ технических характеристик предлагаемого технического решения с аналогами;
- проанализировать опыт зарубежных стран;
- проанализировать альтернативные источники энергии;

- выявить условия эффективного внедрения микроГЭС с ортогональной турбиной;
- произвести сравнительный анализ экономических характеристик предлагаемого технического решения с аналогами.

1.Содержание и особенности инновации

Еще на рубеже XIX-XX вв. Россия была аграрным государством, и более 90% населения европейской части страны – это крестьяне многочисленных сёл и деревень. Правда, уже тогда зародилась тенденция к индустриализации и урбанизации, а в советские годы и в течение всего XX века индустриализация и урбанизация пошла немыслимым темпами. Еще недавно небольшие городки становились миллионниками, буквально на ровном месте вырастали десятки или даже сотни новых городов. Естественно, отток населения из сельского хозяйства в промышленность и сферу обслуживания сопровождался оттоком населения из села, каждый год в каждом регионе исчезали целые населенные пункты.

С точки зрения социально-экономического развития – это вполне нормальный процесс [3].

И тогда же в советские годы все населенные пункты разделили на перспективные и неперспективные. Перспективные – это крупные сёла, деревни, поселки сами по себе или в пригородах городов, поселков – райцентров, вдоль дорог и т.п. Там, где был экономический смысл и демографические возможности, создавались рабочие места и инфраструктура: модернизация колхозов, совхозов, ферм, строительство небольших производственных цехов, фабрик. Естественно, там было электричество, туда строили асфальтированные дороги, пускали рейсовый автобус, по возможности – телефон, водопровод, газ. Если строились квартирные дома, то еще и канализация.

Но все же какая-то часть неперспективных населенных пунктов просуществовала до наших дней. Там уже практически не осталось постоянного живущего круглый год населения. Вести туда газ, водопровод, развивать инфраструктуру бессмысленно и непонятно, с какой целью.

Но не надо забывать, что наша страна обладает не только уникальным гидроэнергетическим потенциалом (вторым в мире после Китая), но и

уникальным опытом строительства гидротехнических сооружений в суровых природных условиях, что представляет особый интерес для северных стран, таких как Норвегия или Канада. На территории России были построены самые большие плотины в мире. Также специально для отдаленных районов были изобретены микроГЭС, чтобы максимально получать выгоду от гидроресурсов, когда другой возможности получать электричество нет, так как тянуть линии энерго передач очень дорого. Тем более гидроресурсы являются возобновляемыми, что являет огромную роль для планеты.

Раньше для установки микроГЭС требовалось много подготовительных работ [4]:

- возведение плотины;
- сложная геометрия водоворота для турбины (рисунок 1).
- изменение русла реки (рисунок 2);

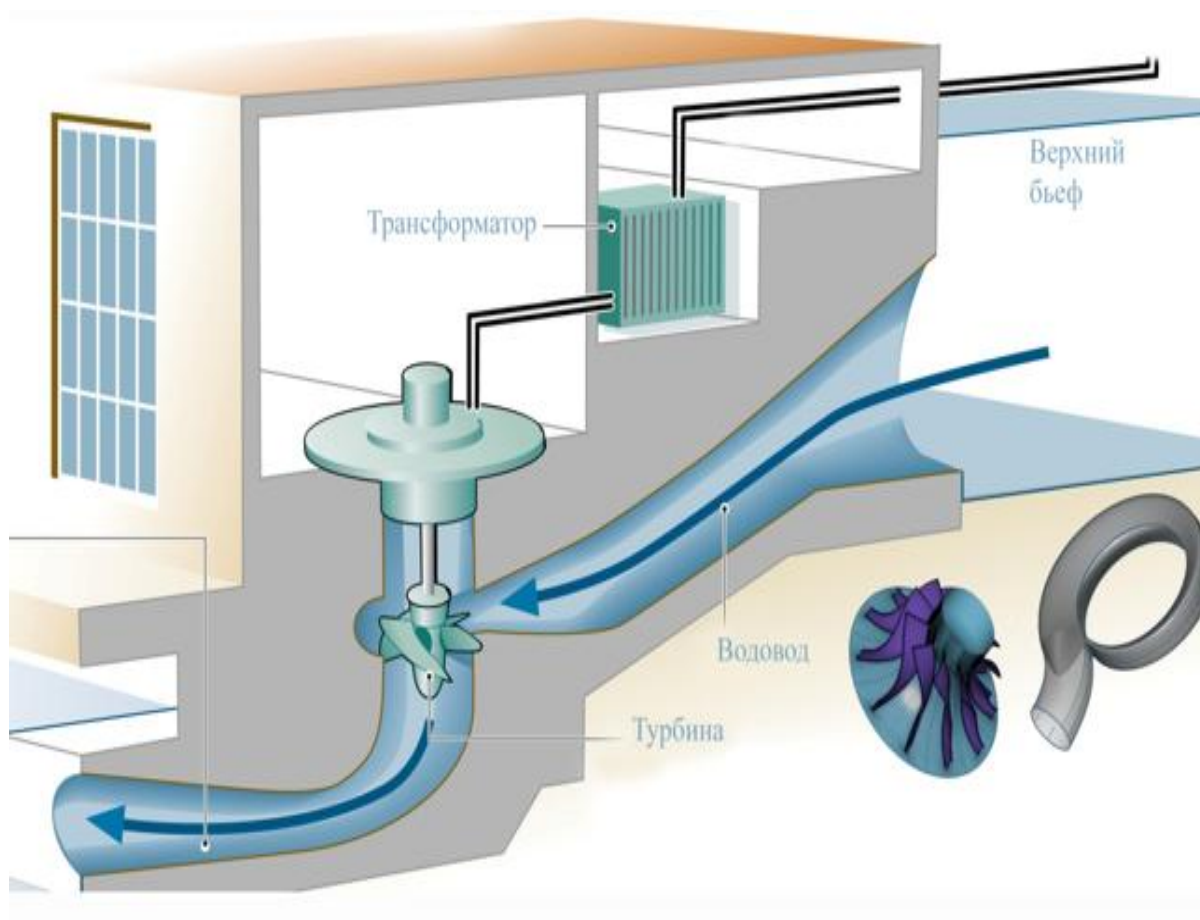


Рисунок 1 – Плотинная микроГЭС

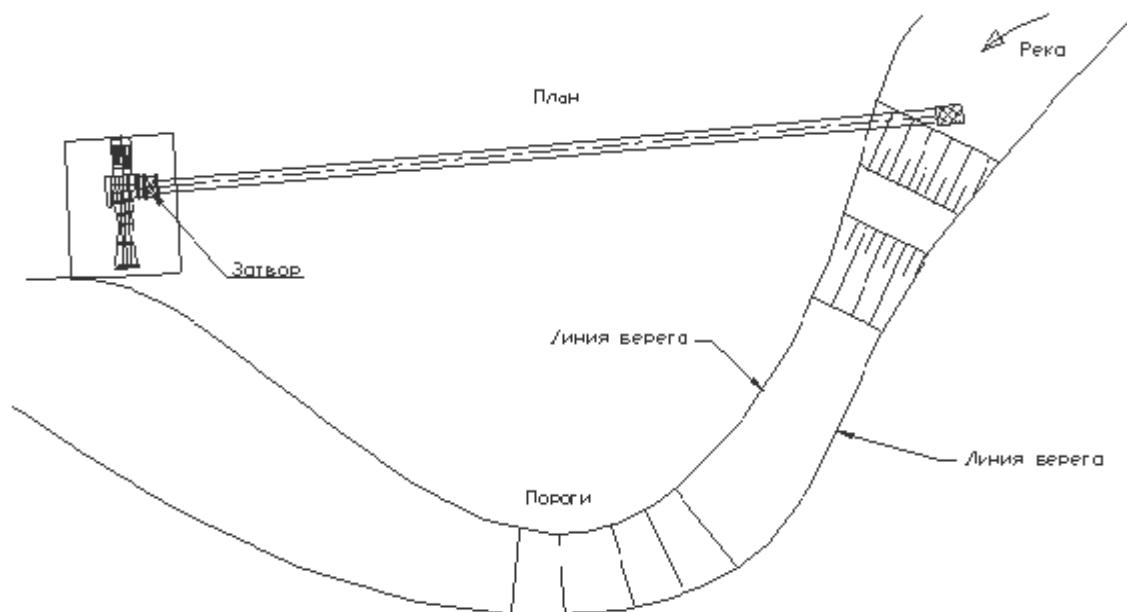


Рисунок 2 – Схема изменения русла реки и возведения плотины для микроГЭС

Это в свою очередь приводило к затоплению пахотных земель. К тому же турбины, которые использовались для таких микроГЭС, требовали очень много времени и материалов на изготовление.

Если рассматривать микроГЭС с ковшовыми турбинами, то для них потребуется большое водохранилище (рисунок 3), и как в предыдущем случае нельзя будет установить несколько микроГЭС на одной реке.



Рисунок 3 – МикроГЭС с ковшовой турбиной

На ряду с гидроэнергетикой также в продаже можно увидеть дизельные (рисунок 4) или генераторы, которые работают на бензине.



Рисунок 4 – Дизельная электростанция

Эти генераторы тоже рассчитаны на мощность до 10 кВт, находятся эти установки в одной ценовой категории, что и микроГЭС, но мало поставить эту электростанцию, для получения энергии необходимо постоянно использовать топливо, а как мы все прекрасно знаем с нашим ростом цен это очень затратно. Тем более если целевой аудиторией у заявляемого проекта являются отдаленные районы, у которых нет возможности провести и подключить линии энерго передач, то речи о дизельных станциях не может быть. В такие районы просто на просто невозможно будет постоянно поставлять топливо. К тому же идет загрязнение окружающей среды.

Конечно же не стоит забывать о том, что прогресс не стоит на месте, и ученым удалось изобрести инновационную ортогональную турбину, которая по мощности не уступает аналогам, но зато намного легче в изготовлении, установка не требует возведения плотины и изменения русла реки.

Впервые электростанции с ортогональными турбинами появились в Канаде и Японии в середине 1980-х годов. Но из-за низкого КПД технология была признана неперспективной. Однако от идеи решили не отказываться в Советском Союзе, и добились выдающихся результатов. Ортогональная турбина, которую можно было бы эффективно использовать в приливных электростанциях, была разработана в начале 1990-х годов.

В подавляющем большинстве гидроэлектростанций используются турбины с неподвижными лопастями, расположенными перпендикулярно оси ротора. Такие турбины имеют сложную геометрию лопаток, из-за чего стоят довольно дорого, к тому же при изменении направления потока воды их приходится переориентировать. В ортогональных турбинах (это одна из разновидностей так называемого ротора Дарье – турбины низкого давления, ось вращения которой перпендикулярна потоку жидкой или газовой среды) все проще: лопасти там устроены по принципу клапана – будучи повернуты к потоку одной стороной, они под его воздействием поворачиваются на 90° и полностью открываются, а другой – закрываются (рисунок 5). Иными словами, лопатки ротора всегда направлены перпендикулярно потоку воды, которая

создает силу для крутящего момента. Это свойство ортогональных турбин позволяет с успехом использовать их в приливных станциях, а также там, где невозможно построить плотину. На обычных ГЭС именно она создает напор воды, которая поступает на ротор. В случае с горизонтальным ортогональным ротором эта необходимость отпадает, он может использоваться даже при относительно слабом напоре [5].

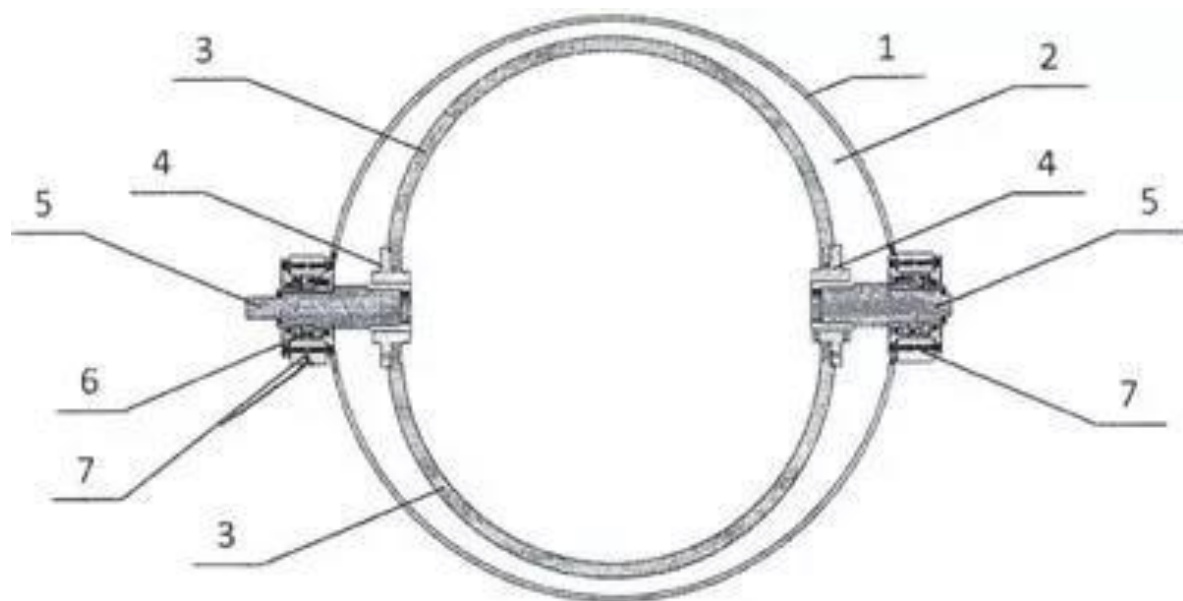


Рисунок 5 – Ортогональная турбина

Основные преимущества ортогональной турбины по сравнению с аналогами при ее применении в микро и мини ГЭС и приливных электростанциях:

- простота и технологичность конструкции ротора ортогональной турбины;
- снижение массы (и, следовательно, стоимости) агрегата до 50 % при одинаковой мощности;
- увеличение на 40 % расхода через гидроузел при холостом режиме работы турбины, что позволяет кардинально сократить размеры водосливной плотины;

- сокращение размера здания электростанции и упрощение конструкции отсасывающей трубы;

- возможность регулирования уровня получаемой энергии.

Заявляемая ортогональная турбина работает следующим образом.

Поток жидкости, проходя через входную часть проточной камеры, попадает в рабочую область турбины. При обтекании лопастей потоком жидкости (или газа), создается гидродинамическая сила, момент которой относительно оси вращения передается посредством ступиц цапфам, установленным в подшипниках, которые находятся в корпусах снаружи проточной камеры, а от цапф крутящий момент передается валу генератора или другого механизма.

Выполнение лопастей в форме дуги и закрепление их своими концами в ступицах, которые установлены на цапфы, позволяет исключить из конструкции турбины вал и траверсы, что снижает сопротивление вращению турбины, приводит к увеличению КПД и повышению рабочей частоты вращения турбины. Выполнение лопастей в форме дуги приведет также к уменьшению изгибных напряжений, действующих в лопасти от гидродинамических сил, и, как следствие, позволит повысить надежность и ресурс турбины, а при определенных надежности и ресурсе турбины позволит снизить требования к прочностным характеристикам материала лопастей, то есть даст возможность применить более дешевые материалы. Кроме того, выполнение проточной камеры цилиндрической формы не требует специализированного производства и позволит изготавливать ее из стандартных труб. Все вышесказанное относительно исполнения заявляемой турбины может повлечь и существенное снижение ее стоимости.

Готовая установка (рисунок 6) с ортогональной турбиной также является мобильной, что убирает затраты на возведение плотины, изменение русла реки.



Рисунок 6 – Установка микроГЭС с ортогональной турбиной

2.Техническое обоснование

2.1Анализ существующих подходов к гидроэнергетике

В России зоны децентрализованного энергоснабжения составляют более 70% территории страны. До сих пор у нас можно встретить населенные пункты, в которых электричества не было никогда. Причем не всегда это поселения Крайнего Севера или Сибири. Электрификация не затронула, например, некоторые уральские поселки – края, который вряд ли назовешь неблагополучным с точки зрения энергетики. Между тем, электрификация отдаленных и труднодоступных населенных селений – дело не такое уж и сложное. Так, в любом уголке России найдется речка или ручей, где можно установить микроГЭС [6].

На сегодняшний день существует несколько подходов к гидроэнергетике, например получение электроэнергии с помощью приливных электростанций (ПЭС), ГЭС, низконапорных ГЭС, мини– и микроГЭС. Рассмотрим подробнее эти технические решения:

– ПЭС. Особый вид гидроэлектростанции, использующий энергию приливов, и фактически кинетическую энергию вращения Земли. Приливные электростанции (рисунок 7) строят на берегах морей, где гравитационные силы Луны и Солнца дважды в сутки изменяют уровень воды. Использование энергии морских приливов издавна привлекало человечество. При наличии удобного естественного залива или фиорда он может быть отделен от моря плотиной и зданием ПЭС, образуя бассейн, уровни воды в котором в некоторые периоды времени будут отличаться от уровня моря и получающийся таким образом перепад (напор) использован для работы гидроагрегатов. При этом возможна такая организация работы ПЭС, при которой выработка электроэнергии будет происходить как при отливе, так и при приливе.

Современные ПЭС оснащаются гидроагрегатами, работающими на шести режимах в двух направлениях движения воды: прямые и обратные турбинные, прямые и обратные насосные, прямые и обратные холостые пропуски воды. Для реализации этих режимов используют горизонтально установленные агрегаты типа «насос – турбина». Они вырабатывают электроэнергию и при приливах, и при отливах, а для создания больших напоров работают как насосы и подкачивают воду из моря в бассейн и из бассейна в море в переходные периоды времени.

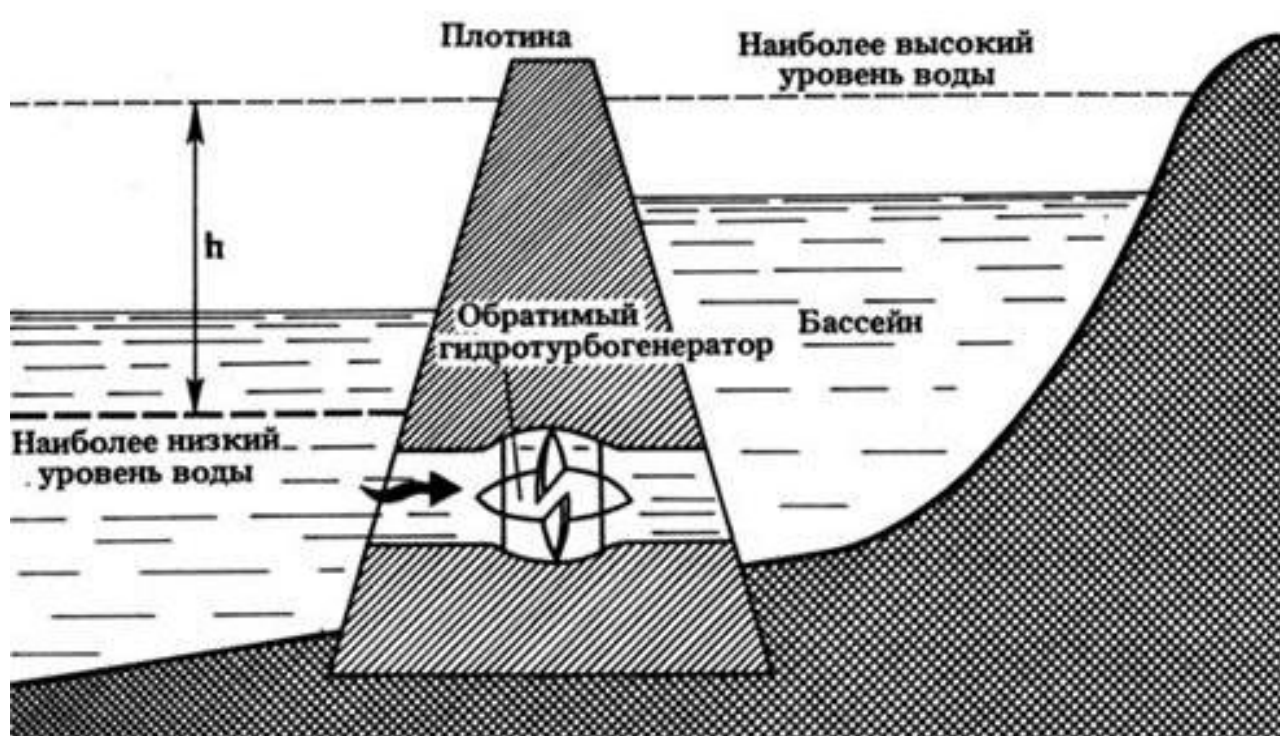


Рисунок 7 – ПЭС

Для увеличения времени работы турбин существуют более сложные схемы – с двумя, тремя и большим количеством бассейнов, однако стоимость таких проектов весьма высока.

Недостаток приливных электростанции в том, что они строятся только на берегу морей и океанов, к тому же они развивают не очень большую мощность, да и приливы бывают всего лишь два раза в сутки. И даже они экологически не безопасны. Они нарушают нормальный обмен соленой и пресной воды и тем самым – условия жизни морской флоры и фауны. Влияют они и на климат,

поскольку меняют энергетический потенциал морских вод, их скорость и территорию перемещения;

– плотинная ГЭС. В плотинных ГЭС (рисунок 8) концентрация напора воды создается посредством установки плотины, полностью перегораживающей реку и поднимающей уровень воды в ней на необходимую отметку.

Принцип работы такой электростанции в следующем: дамба на реке приводит к возникновению небольшого водоема, выше уровня машинного зала.

После открытия задвижки, вода под большим напором поступает на турбину, приводя её в движение. Турбина связана с электрогенератором, который вырабатывает электроэнергию. Электроэнергия передается потребителям по линии электропередач. Вода под напором поступает на лопасти турбины гидроэлектростанции, которая в свою очередь приводит в действие генераторы, вырабатывающие электричество. Мощность ГЭС зависит от напора и количества воды, проходящей через гидроагрегаты.



Рисунок 8 – Плотинная ГЭС

Помимо плотины (или нескольких) такая ГЭС состоит из здания гидроэлектростанции и распределительного устройства. В здании ГЭС располагается все основное оборудование станции – турбины и генераторы. Также ГЭС могут включать в себя дополнительные сооружения, например, водосбросные устройства, шлюзы, судоподъемники или рыбоходы.

Недостатками данного типа ГЭС являются:

- а) затопление пахотных земель;
- б) строительство ведётся только там, где есть большие запасы энергии воды;
- в) горные реки опасны из-за высокой сейсмичности районов;
- г) экологические проблемы.

Также можно выделить преимущества:

- а) использование возобновляемой энергии;
- б) очень дешёвая электроэнергия;
- в) работа не сопровождается вредными выбросами в атмосферу.

– деривационная ГЭС, деривационная безнапорная ГЭС (представлена на рисунке 9) использует часть расхода реки, источник ее потенциальной энергии – только перепад высот в рукав. Такие ГЭС устраиваются в местах, где русло реки имеет большой уклон, и устройство плотины не позволит накопить большие запасы воды. В этом случае вода забирается из русла реки на некотором расстоянии от здания ГЭС и по водоводам (*derivatio* по латыни – отведение) с небольшим уклоном отводится к зданию ГЭС. В итоге вода подводится непосредственно к зданию ГЭС на большой высоте (с большим напором). Благодаря этому уровень воды в конце водовода оказывается выше уровня воды в реке. Этой разностью уровней и создается напор гидроэлектростанции.

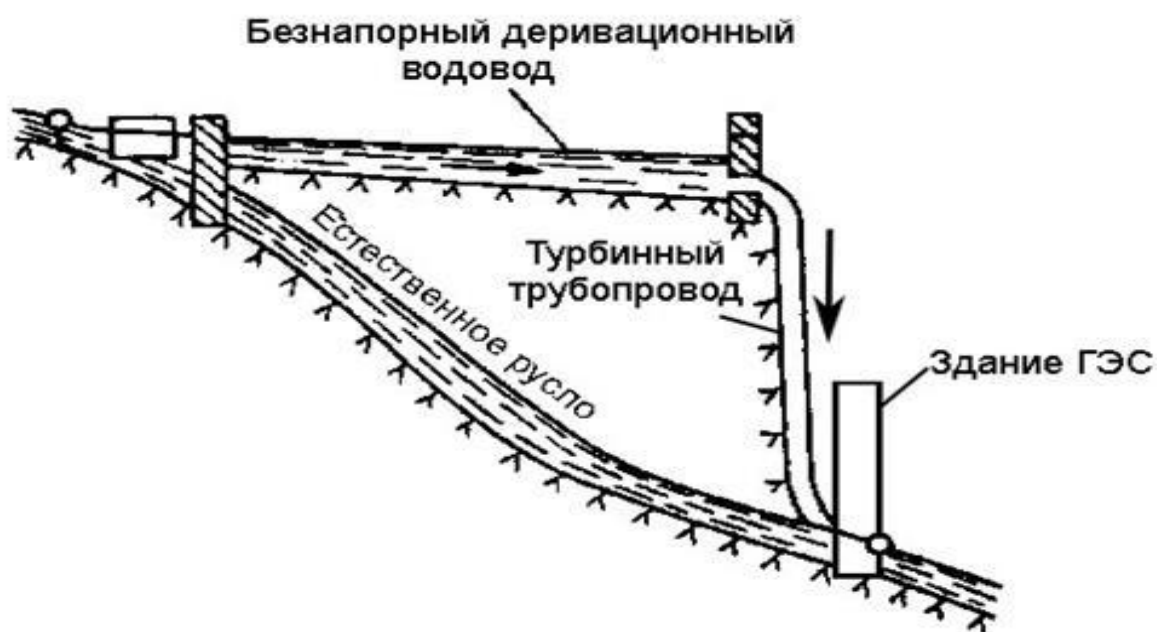


Рисунок 9 – Деривационная ГЭС

На горных реках с большими падениями (выше 6 – 8 м на 1 км длины реки) деривационные ГЭС выгоднее плотинных;

– свободнопоточная ГЭС [7], такие ГЭС используют кинетическую энергию потока реки. Погружные микроГЭС круглогодичного действия удобны для небольших поселков, геологических партий и фермерских хозяйств.

Принципиальным отличием свободнопоточной ГЭС от классической является использование ими не потенциальной (создаваемой плотиной или деривацией), а кинетической энергии текущего водного потока. Ближайший аналог — ветровая электростанция, которая аналогичным образом использует кинетическую энергию движущегося воздуха. Часто свободнопоточные ГЭС называют бесплотинными, что не вполне верно.

Свободнопоточная ГЭС вынуждена использовать низкопотенциальную энергию. Это всегда менее эффективно, чем использование высокопотенциальной энергии (существенно растут удельные затраты на единицу мощности и вырабатываемой электроэнергии). На первый взгляд, это не является непреодолимым препятствием — в конце концов, потенциал энергии ветра еще меньше, но ветроэлектростанций масса. Однако,

ветроэлектростанции решают эту проблему за счет огромного размаха лопастей рабочего колеса. Для свободнопоточной ГЭС такой путь невозможен — глубина даже крупных рек относительно невелика, да к тому же резко изменяется в зависимости от текущих показателей водности, а также русловых процессов.

Исходя из этого, свободнопоточная ГЭС в принципе не может иметь заметной мощности, ее предел — несколько киловатт (возможно, пара десятков киловатт на больших и глубоких реках). Такая станция должна быть полностью погружена под воду;

– низконапорная ГЭС, это низконапорные гидроузлы, работающие на естественном стоке, довольно широко распространенные в Западной Европе. Концепция низконапорного руслового гидроузла предусматривает создание на равнинной реке ГЭС с напором в несколько метров, чье водохранилище как правило укладывается в зону естественного затопления поймы при сильных паводках.

Гидроузлы имеют такие преимущества, как:

а) небольшая площадь затопления, в которую как правило не попадают застроенные земли, следовательно, никого переселять не надо, влияние на экосистемы куда меньше;

б) в низконапорные плотины гораздо проще интегрировать рыбоходы, да и вниз через турбины рыба проходит с меньшим травматизмом.

Теперь перейдем к недостаткам:

а) такие ГЭС образуют небольшие водохранилища, пригодные в лучшем случае для суточного регулирования стока, а то и вовсе работающие на водотоке. В результате, выработка подобных ГЭС сильно зависит от сезона и погодных условий – в маловодные периоды она резко падает.

б) эффективность использования стока такими ГЭС гораздо меньше, чем классическими – не имея возможности аккумулировать сток в половодье и паводки, они вынуждены сбрасывать массу воды вхолостую.

в) не имея емкого водохранилища, такие гидроузлы не могут бороться с наводнениями.

Низконапорные ГЭС имеют существенно большую удельную стоимость (в расчете на кВт мощности и кВт.ч. вырабатываемой электроэнергии). Чем меньше напор, тем больше габариты и соответственно металлоемкость оборудования, невозможность аккумулирования стока в водохранилище приводит к необходимости создания более мощных водопропускных сооружений, несколько шлюзов дороже, чем один и т.п.

Типы мини– и микроГЭС [8]:

а) водяное колесо, это колесо с лопастями, установленное перпендикулярно поверхности воды. Колесо погружено в поток меньше чем наполовину. Вода давит на лопасти и вращает колесо. Существуют также колеса-турбины со специальными лопатками, оптимизированными под струю жидкости. Но это достаточно сложные конструкции скорее заводского, чем самодельного изготовления;

б) гиляндная ГЭС представляет собой трос, с жестко закрепленными на нем роторами. Трос перекинут с одного берега реки на другой. Роторы как бусы нанизаны на трос и полностью погружены в воду. Поток воды вращает роторы, роторы вращают трос. Один конец троса соединен с подшипником, второй с валом генератора;

в) ротор Дарье, это вертикальный ротор, который вращается за счет разности давлений на его лопастях. Разница давлений создается за счет обтекания жидкостью сложных поверхностей. Эффект подобен подъемной силе судов на подводных крыльях или подъемной силе крыла самолета;

г) пропеллер – это подводный «ветряк» с вертикальным ротором. В отличие от воздушного, подводный пропеллер имеет лопасти минимальной ширины. Для воды достаточно ширины лопасти всего в 2 см. При такой ширине будет минимальное сопротивление и максимальная скорость вращения. Такая ширина лопастей выбиралась для скорости потока 0.8-2 метра в секунду. При больших скоростях, возможно, оптимальны другие размеры.

Недостатки гирляндной ГЭС – это большая материалоемкость, опасность для окружающих (длинный подводный трос, скрытые в воде роторы, перегораживание реки), низкий КПД. А ротор Дарье привлекателен тем, что ось ротора расположена вертикально и отбор мощности можно производить над водой, без дополнительных передач. Такой ротор будет вращаться при любом изменении направления потока.

Плюсы микроГЭС [9]:

- а) генерация электроэнергии происходит от возобновляемого источника, более стабильного, чем солнечный свет и ветер;
- б) близость к конечному потребителю, энергетические потери на транспортировку при этом минимальны либо отсутствуют;
- в) низкая стоимость электроэнергии, с учетом нулевых затрат на исходное топливо;
- г) полное отсутствие каких-либо выбросов в атмосферу, минимальное воздействие на водные бассейны;
- д) выход на полную мощность у малых гидроэлектростанций занимает меньше времени, чем у генераторов на нефтепродуктах;
- е) мобильность.

Минусы таких гидроэлектростанций:

- а) русла небольших рек и ручьев часто пересыхают летом и промерзают зимой;
- б) производительность микроГЭС связана с напором воды и ее количеством. Чтобы обеспечить свой дом электроэнергией в полном объеме, может потребоваться создание запруды выше по руслу водоема – но это нарушение законодательства РФ;
- в) строительство полноценной, пусть даже и небольшой гидроэлектростанции, способной исправно снабжать загородный коттедж электрической энергией круглый год, обходится недешево;

г) вдали от центральных сетей энергоснабжения лишь малые ГЭС способны обеспечивать потребителей электроэнергией бесперебойно, т.к. не зависят от регулярных поставок горючего.

2.2 Анализ существующих турбин для мини и микроГЭС

В настоящее время для малых ГЭС используются следующие виды турбин, которые представлены на рисунках 10–14:



Рисунок 10 – Пропеллерная турбина

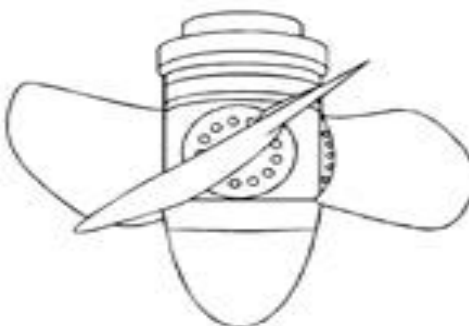


Рисунок 11 – Поворотно-лопастная турбина (Kaplan)

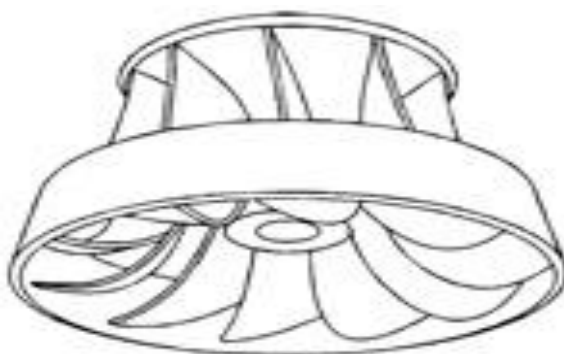


Рисунок 12 – Радиально-осевая турбина (Francis)



Рисунок 13 – Ковшовая турбина (Pelton)

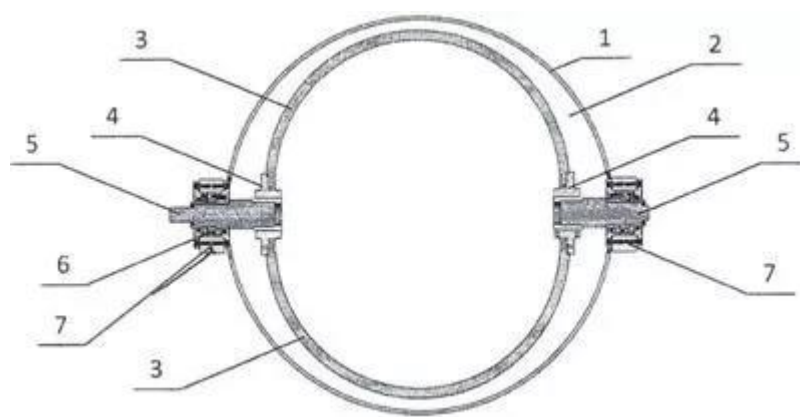


Рисунок 14 – Ортогональная турбина

В радиально-осевых турбинах существует опасность гидравлического удара в напорном трубопроводе. При аварии генератора или резком падении нагрузки направляющие лопатки уменьшают расход воды, и в напорном трубопроводе возникает гидравлический удар, который может привести к разрыву трубопровода [10].

Такие турбины имеют сложную геометрию лопаток, из-за чего стоят довольно дорого, к тому же при изменении направления потока воды их приходится переориентировать. В ортогональных турбинах (это одна из разновидностей так называемого ротора Дарье – турбины низкого давления, ось вращения которой перпендикулярна потоку жидкой или газовой среды) все проще: лопасти там устроены по принципу клапана – будучи повернуты к потоку одной стороной, они под его воздействием поворачиваются на 90° и

полностью открываются, а другой – закрываются. Иными словами, лопатки ротора всегда направлены перпендикулярно потоку воды, которая создает силу для крутящего момента. Это свойство ортогональных турбин позволяет с успехом использовать их в приливных станциях, а также там, где невозможно построить плотину. На обычных ГЭС именно она создает напор воды, которая поступает на ротор. В случае с горизонтальным ортогональным ротором эта необходимость отпадает, он может использоваться даже при относительно слабом напоре.

Основные преимущества ортогональной турбины по сравнению с аналогами при ее применении в микро и мини ГЭС и приливных электростанциях:

- простота и технологичность конструкции ротора ортогональной турбины;
- снижение массы, стоимости агрегата до 50 % при одинаковой мощности;
- увеличение на 40 % расхода через гидроузел при холостом режиме работы турбины, что позволяет кардинально сократить размеры водосливной плотины;
- сокращение размера здания электростанции и упрощение конструкции отсасывающей трубы;

2.3 Сравнительный анализ технических характеристик предлагаемого технического решения с аналогами

Выбор турбины для миниГЭС происходит по следующему критерию, который представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Определение вида турбины для мини– и микроГЭС

Вид турбины	Напор, м
Пропеллерная и поворотной-лопастная	2 – 40
Ортогональная	2 – 200
Радиально-осевая	10 – 200
Ковшовая	50 – 250

Из таблицы 1 следует, что ортогональная турбина не уступает аналогам по напору воды, поступающему на турбину.

Рассмотрим характеристики микроГЭС с ортогональной турбиной:

- мощность 10 кВт; напряжение 220/380 ± 10 В, частота 50 ± 1 Гц;
- частота вращения вала генератора 93,75 ± 2 об/мин;
- коэффициент полезного действия не менее 0,82;
- коэффициент мощности 0,8;
- перегрузочная способность генератора не менее 1,6;
- класс изоляции обмоток статора генератора – В;
- генератор – герметичный;
- режим работы непрерывный, срок службы – 7 лет.

Готовая установка не требует возведения плотины и изменения русла реки, представляет собой трубу длиной 5 метров, диаметром 30 см., в которую перпендикулярно трубе вставлены 3 ортогональные турбины, на берегу реки роется канава и устанавливается генератор. Для успешной работы установки требуется либо уклон реки от 2 м, либо скорость течения реки должна быть от 2 м./с.

На одной реке можно размещать несколько таких установок, в отличие от аналогов микроГЭС. Расстояние между готовыми установками должно быть не меньше 4 метров. Также если русло реки в ширину составляет 5 м. и более, то 2 установки можно разместить параллельно.

Рассмотрим характеристики нескольких видов микроГЭС в таблицах 2 – 5 [11].

Таблица 2 – МикроГЭС с пропеллерными турбинами

Параметры	Тип МикроГЭС	
	МикроГЭС 10Пр	
Мощность, кВт	4	10
Напор, м	4,5	10
Расход, м ³ /с	0,14	0,21
Частота вращения, мин	100	150
Номинальное напряжение, В	230	
Номинальная частота тока, Гц	50	

Таблица 3 – МикроГЭС с поворотно – лопастной и ковшовой турбинами

Параметры	Тип МикроГЭС	
	МикроГЭС 20ПрД	
Мощность, кВт	10 - 20	
Напор, м	8-18	
Расход, м ³ /с	0,08-0,17	
Частота вращения, мин	150	
Номинальное напряжение, В	230,400	
Номинальная частота тока, Гц	50	

Таблица 4 – Гидроагрегаты с радиально-осевыми турбинами

Параметры	Тип гидроагрегата
	ГА4
Мощность, кВт	До 550
Напор, м	25 – 55
Расход, м ³ /с	0,4-1,0
Частота вращения ротора турбины, мин	100
Номинальное напряжение, В	400; 6000
Номинальная частота тока, Гц	50

Таблица 5 – Гидроагрегаты с ковшовыми турбинами

Параметры	Тип гидроагрегата
	ГА-5
Мощность, кВт	145-620
Напор, м	150-250
Расход, м ³ /с	0,17-0,32
Частота вращения ротора турбины, мин	50;60
Номинальное напряжение, В	400; 6000
Номинальная частота тока, Гц	50

По данным таблиц 2 – 5 можно сделать вывод о том, что установка с ортогональной турбиной не уступает аналогам по техническим характеристикам.

Если рассматривать сроки поставки то результат будет таковым:

- микро ГЭС 10 кВт с ортогональной турбиной поставляется в срок до 1 месяца;
- микро ГЭС 10 кВт поставляется в срок до 3 месяцев;
- микро ГЭС 50 кВт поставляется в срок 4 – 6 месяцев;
- микро ГЭС 100 кВт поставляется в срок 6 – 8 месяцев;

– гидроагрегаты для малых ГЭС поставляются в срок от 9 до 10 месяцев.

Рассмотрим некоторые характеристики Кислогубской ПЭС, на которой установлены ортогональные турбины. В здании ПЭС размещено два ортогональных гидроагрегата — один мощностью 0,2 МВт (диаметр рабочего колеса 2,5 м, находится в старом здании) и один ОГА-5,0 м мощностью 1,5 МВт (диаметр рабочего колеса 5 м, находится в новом здании). Электрическая мощность станции составляет 1,7 МВт.

Характеристики плотинной Саяно–Шушенской ГЭС:

– в здании ГЭС размещено 10 гидроагрегатов, мощностью 640 МВт каждый, с радиально-осевыми турбинами РО-230/, работающими при расчётном напоре 194 м (рабочий диапазон напоров — от 175 до 220 м).

– номинальная частота вращения гидротурбины — 142,8 об/мин;

– максимальный расход воды через турбину — 358 м³/с;

– общая масса оборудования гидротурбины — 1440 т;

– рабочее колесо гидротурбины — неразъёмной цельносварной конструкции из нержавеющей стали, имеет диаметр 6,77 м.

Характеристики деривационной ГЭС (Загорская ГАЭС):

– в машинном зале здания ГАЭС размещены 6 вертикальных обратимых гидроагрегатов;

– насосотурбина РОНТ 115/812-В-630 радиально-осевая с диаметром рабочего колеса 6,3 м, имеет мощность в турбинном режиме 205 МВт, работает на расчётном напоре 100/105 м;

– двигатель-генератор ВГДС 1025/245-40УХЛ4 зонтичного типа имеет мощность 200/220 МВт;

– номинальная частота вращения — 150 об/мин;

– электроэнергия на/с двигателей-генераторов подаётся на напряжении 15,75 кВ, для его преобразования в напряжение линий электропередачи (500 кВ) используются 6 блочных трансформаторов номинальной мощностью 250 000 кВ и весом 330 т каждый, установленных на открытом воздухе со стороны напорных трубопроводов.

Исходя из всех рассмотренных данных можно сделать вывод о том, что микроГЭС мощностью 10 кВт с ортогональной турбиной не уступает аналогам по техническим характеристикам. Если брать отдельно турбину, то она превосходит аналоги по таким качествам как:

- меньший расход материалов на изготовление;
- меньший расход времени на разработку.

Турбина может использоваться как в микроГЭС, так и в ПЭС.

3. Экономическое обоснование

3.1 Условия эффективного внедрения микроГЭС с ортогональной турбиной

Для того, чтобы определить выгодно ли будет разработка микроГЭС, кто станет покупать данную установку и по каким причинам, необходимо для начала определить емкость рынка гидроэнергетики. На сегодняшний день, по оценкам специалистов, общая емкость российского рынка в сфере малой гидроэнергетики составляет около 60 млрд. кВт/ч, объем освоенного рынка – до 0,3 млрд. кВт/ч, поэтому в ближайшие годы при наличии производства микроГЭС объем продаж будет многократно возрастать.

Далее перейдем к анализу целевой аудитории для нашего проекта. Для успешной реализации проекта необходимо выделить целевые группы данного проекта:

- 95% – те, кто нуждается в микроГЭС потому, что не имеет никаких источников электроэнергии в данный момент, и тянуть линии энерго передач дорого;

- 5% – те, кто стремится получать электроэнергию вне зависимости от компаний, обеспечивающих энергосбыт в Сибири.

Исходя из этого, можно определить, что потребителями микроГЭС будут в основном фермерские хозяйства, частные дома, поселки, дачные участки, которые находятся в пригородах или совсем далеко от городов, для которых далеко и дорого тянуть линии энерго передач и единственным выходом будет мобильная микроГЭС.

Целевую аудиторию (по опыту конкурентов) можно также найти за рубежом, например, в таких странах как Швеция, Финляндия, Япония, Южная Корея, Панама, Франция, Бразилия, Афганистан, где выпускают низконапорные и деривационные мини- и микроГЭС, требующие предварительных земляных работ по возведению плотины или изменению русла реки.

В России зоны децентрализованного энергоснабжения составляют более 70% территории страны. До сих пор у нас можно встретить населенные пункты, в которых электричества не было никогда. Причем не всегда это поселения Крайнего Севера или Сибири. Электрификация не затронула, например, некоторые уральские поселки – края, который вряд ли назовешь неблагополучным с точки зрения энергетики. Между тем, электрификация отдаленных и труднодоступных поселений – дело не такое уж и сложное. Так, в любом уголке России найдется речка или ручей, где можно установить микроГЭС [12].

В России сельское население составляет 25%, то есть больше 36 млн. человек. И абсолютно подавляющее большинство сельского населения страны – это жители именно тех населенных пунктов, которые в советские годы были объявлены неперспективными. Отдаленные глухие деревушки в 15 – 50 человек развивать никакая власть не будет. Экономического смысла в этом нет никакого. Развивать нужно города, поселки и те сельские поселения, которые перспективны, и делать всё возможное, чтобы там были рабочие места и инфраструктура.

Разрабатываемый нами проект нацелен именно на отдаленные районы, потому что жители города не испытывают проблем с электроэнергией. Все мы знаем, что электроэнергия от ГЭС самая дешевая, но это не будет так же дешево, если тянуть линии энерго передач в такие районы. К примеру можно посчитать затраты на проведение линий энерго передач в село Красный Берег в Вологодской области, которое находится в 500 км от Москвы, там нет ни дорог, ни электричества. Столкнемся с такими проблемами, как:

– выделяемая мощность, в зависимости от региона, в котором вы решили подключить электричество стоимость руб. за 1 кВт может колебаться от 400 до 79000 рублей. Но если запросить мощность до 15 кВт, что для частного дома вполне достаточно, то в этом случае вам нужно будет заплатить всего лишь 550 рублей сетевой организации за техническое присоединение и не рубля более;

– расстояние до электросетей, если расстояние от границы вашего участка до ближайшей точки подключения (подстанции или воздушной линии электропередач 0.4 кВт) находится на расстоянии до 300 метров в городской и до 500 метров в сельской местности, то все работы по строительству этой линии до границы вашего участка должна выполнить сетевая организация абсолютно бесплатно, причем в срок не более 6 месяцев.

Если электрические сети находятся дальше указанных расстояний, то есть два варианта решения проблемы: либо вам предложат построить эту линию самостоятельно за свой счет, либо сетевая организация построит линию до вашего участка, но вам придется оплатить эти услуги. Сроки строительства могут растянуться до двух лет [13].

Итак посчитаем затраты:

– столбы, примерно ставить нужно через каждые 30 м., следовательно на расстояние 30 км. потребуется 1000 столбов, чтобы поставить такое количество столбов потребуется 20 млн. руб.;

– провода, на 1 м. провода нужно заплатить 1000 руб., следовательно нам потребуется еще 30 млн. руб.;

– электросчетчики, каждому жителю села нужно его приобрести и установить, если домов 15, и каждый счетчик стоит 1000 руб., то получим сумму 0,015 млн. руб.;

– цена за мощность, с каждого дома должны заплатить по 550 руб. за получаемую мощность, то есть со всех получим сумму 0,008 млн. руб.

Итого получим 50,023 млн. руб. чтобы провести линии энерго передач до села Красный Берег в Вологодской области. То есть с каждого дома потребуется 3,3 млн. руб. Деревня живет практически на полном продовольственном самообеспечении. Единственный источник электроэнергии — генератор, который включают на пару часов по вечерам. И то лишь пока не кончится солярка. И так сложилось, что в таких отдаленных районах нет дорог, поэтому возможность привезти топливо не всегда есть.

Решением для такого отдаленного участка и будет микроГЭС с ортогональной турбиной мощностью 10 кВт. Для данной установки не нужно возводить плотину, изменять русло реки или ручья. Инженерам удалось максимально упростить конструкцию, так что на одной реке можно установить несколько данных установок. Причем стоимость одной установки составляет 0,6 млн. руб., что на несколько порядков меньше, чем тянуть линии энергопередач, и что дешевле, чем аналоги микроГЭС с другими турбинами, которые нельзя устанавливать по несколько штук на одной реке. Еще одно преимущество данной установки в том, что она мобильная, в случае если река обмелывает – установку можно будет легко переместить на другой участок реки. Даже если приобретать микроГЭС с ортогональной турбиной на каждый дом, даже в той же деревне на 15 домов, то сумма составит 9 млн. руб. Обеспечение электроэнергией при помощи микроГЭС не связано с услугами со стороны поставщика энергии (потребитель – сам себе хозяин). Данная установка не требует дальнейших вложений на обслуживание или платы за электроэнергию, единственное – срок службы генератора составляет 7 лет, и соответственно по истечению срока его нужно заменить, как и оценить состояние установки в целом.

Что касается экономической эффективности, то и здесь у микроГЭС есть немало преимуществ. Станции, разработанные с учетом современных технологий, отличаются простой в управлении, они полностью автоматизированы. Таким образом, оборудование не требует присутствия человека. Специалисты отмечают, что и качество тока, вырабатываемого малыми ГЭС, соответствует требованиям ГОСТа как по напряжению, так и по частоте. При этом, микроГЭС могут действовать как автономно, так и в составе электросети.

3.2 Сравнительный анализ цен

Произведем сравнительный анализ цен за 1 кВт мощности и на готовую установку с ортогональной турбиной и аналогами. Для этого необходимо оценить стоимости на готовую установку, так как будем рассматривать этот вопрос со стороны потребителя. Цены за материалы, возведение плотины и изменение русла реки для аналогов можно не учитывать. Ранее говорилось, что новая технология изготовления турбины позволяет сократить сроки изготовления и затраты на материалы, а готовая установка не требует возведения плотины и изменения русла реки при одинаковом КПД [14].

– цена за установку микроГЭС. Рассмотрим в таблице 6 цены на микроГЭС установленной мощности 10 кВт. Дизельные станции не учитываем, так как не всегда будет возможность в отдаленном районе достать топливо, а гидроресурсы есть всегда. Ветроэнергоустановки также не могут являться конкурентами, так как не связаны с гидроресурсами и устанавливаются там, где есть устойчивые ветра. Солнечные батареи тоже можно не брать в расчет, так как они занимают много места и могут работать только сезонно (летом).

Таблица 6 – Цены на микроГЭС

	микроГЭС с радиально-осевой турбиной	микроГЭС с ковшовой турбиной	микроГЭС с пропеллерной турбиной	микроГЭС с поворотной лопастной турбиной	микроГЭС с ортогональной турбиной
Стоимость, млн.руб	0,9	0,85	0,75	0,72	0,6

Приведенные в таблице 6 сведения свидетельствуют о том, что при одинаковой мощности микроГЭС с ортогональной турбиной стоит значительно дешевле, чем аналоги. Это безусловно играет огромную роль, когда стоит выбор между установками микроГЭС;

– цена за 1 кВт мощности. Конечно самая дешевая энергия будет от ГЭС, и если сельский участок находится в пределах 500 метров от города – то

намного выгоднее будет просто подключиться к линиям энерго передач, так как это составит всего 550 рублей за подключение и затраты на провода до вашего дома. Но если расстояние до вашего участка больше, то затраты на проведение линий энерго передач придется оплачивать вам. В таблице 7 представлены цены за 1 кВт энергии от ГЭС.

Таблица 7 – Цены для сельских местностей за 1 кВт ч энергии от ГЭС на 2017 г.

	В пределах социальной нормы		Сверх социальной нормы	
	1 полугодие	2 полугодие	1 полугодие	2 полугодие
Одноставочный тариф, руб./кВт ч	1,58	1,66	2,52	2,65
Пиковая зона, руб./кВт ч	1,82	1,91	2,9	3,05
Ночная зона, руб./кВт ч	0,95	1	1,51	1,59

В среднем в месяц жители платят за электроэнергию 1 тыс. руб. если рассчитывать стоимость электроэнергии от микроГЭС с ортогональной турбиной, то сумма составит в месяц 7,14 тыс. руб. Так как срок службы такой станции более 7 лет, если рассчитывать по минимальной работе, то получим такую сумму.

Исходя из этих данных можно сделать вывод о том, что энергия от ГЭС безусловно самая дешевая, но если нет такой возможности – следует рассмотреть такой вариант, как микроГЭС с ортогональной турбиной.

3.3 Анализ альтернативных источников энергии

Гидроресурсы всегда можно преобразовать в энергию, но стоит рассмотреть и альтернативу, чтобы выбор микроГЭС был более осознанный. Из

альтернативных источников энергии рассмотрим преимущества и недостатки ветряных установок и солнечных батарей:

– ветряная энергия, одним из перспективнейших источников энергии является ветер. Сила ветра, используется для того, чтобы привести в движение ветряное колесо. Это вращение в свою очередь передаётся ротору электрического генератора.

Преимуществом ветряного генератора является, прежде всего, то, что в ветряных местах, ветер можно считать неисчерпаемым источником энергии. Кроме того, ветрогенераторы, производя энергию, не загрязняют атмосферу вредными выбросами.

К недостаткам устройств по производству ветряной энергии можно отнести непостоянство силы ветра и малую мощность единичного ветрогенератора. Также ветрогенераторы известны тем, что производят много шума, в отличие от микроГЭС, вследствие чего их стараются строить вдали от мест проживания людей, в свою очередь это приведет к потерям энергии из-за большого расстояния от генератора до дома. Цена на данный агрегат мощностью 10 кВт составит 585 тыс. руб.;

– солнечные батареи, фотоэлемент представляет собой полупроводниковое устройство, которое преобразует энергию Солнца в электрический ток. Фотоэлементы «традиционных» солнечных батарей производят из кремния. Процесс производства таких батарей сложен и весьма дорог.

К преимуществам солнечной энергии можно отнести возобновляемость данного источника энергии, бесшумность, отсутствие вредных выбросов в атмосферу при переработке солнечного излучения в другие виды энергии.

Недостатками солнечной энергии являются зависимость интенсивности солнечного излучения от суточного и сезонного ритма, а также, необходимость больших площадей для строительства солнечных электростанций. Также серьёзной экологической проблемой является использование при изготовлении

фотоэлектрических элементов для гелиосистем ядовитых и токсичных веществ, что создаёт проблему их утилизации.

Кроме того, порой возникают проблемы с утилизацией отработанных фотоэлементов, поскольку в этих фотоэлементах помимо кремния содержится еще и кадмий. И наконец, кремниевые фотоэлементы по мере работы сильно нагреваются. После чего их производительность начинает снижаться. Поэтому кремниевым батареям помимо фотоэлементов требуются еще и дорогостоящие системы охлаждения. Чтобы обеспечить энергией в 10кВт один дом потребуется 50 батарей на 200 Вт, одна батарея на 200 Вт стоит 13 тыс.руб. следовательно, чтобы достичь мощность в 10 кВт затраты составят 650 тыс.руб. плюс такое количество батарей займет много места.

В таблице 9 наглядно демонстрируются цены на установки.

Таблица 9 – Цены на альтернативные источники энергии, мощностью 10 кВт

	Солнечные батареи	Ветряная установка	микроГЭС с ортогональной турбиной
Цена, млн. руб.	0,65	0,585	0,6

Можно сделать вывод о том, что альтернативные источники хоть и обладают рядом преимуществ, но совсем не подходят отдаленным районам для получения энергии. Все установки находятся в одной ценовой категории, но микроГЭС будет обладать рядом преимуществ:

- занимает мало места относительно других установок;
- более стабильный и экологичный источник энергии;
- менее шумная установка.

Конечно если затрагивать вопрос о сезонности данной установки, то зимой она просто не будет работать из-за промерзания рек и ручьев. Тем не менее этот источник энергии все же более стабильный нежели солнце или ветер. В следствие развитости нашей промышленности, загрязнения

воздуха от автомобилей и иных выбросов в атмосферу солнцу просто сложно будет пробиться сквозь это. И солнечные батареи смогут полноценно работать только в разгар лета. Для ветряных установок потребуется специальная местность со стабильными ветрами. Единственный выход для отдаленных районов и будет мобильная микроГЭС.

3.4 Зарубежный опыт

За рубежом например, в таких странах как Швеция, Финляндия, Япония, Южная Корея, Панама, Франция, Бразилия, Афганистан выпускают низконапорные и деривационные мини- и микроГЭС, требующие предварительных земляных работ по возведению плотины или изменению русла реки. В качестве такой энергоустановки используют серийно выпускаемые генераторы, адаптированные под ГЭС малой мощности. Вследствие этого, зарубежные гидроустановки обладают высокой стоимостью (120 – 180 тыс. руб. за 1 кВт установленной мощности).

В таблице 10 приведены цены на готовые установки за рубежом и в России.

Таблица 10 – Цены на микроГЭС

	Зарубежные аналоги	МикроГЭС с ортогональной турбиной
Цена, млн. руб.	1,2 – 1,8	0,6

Исходя из данных таблицы можно смело продавать готовые установки за рубеж, так как данная установка превосходит их разработки не только в цене. Зарубежом выпускают низконапорные и деривационные ГЭС,

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе выявлены условия эффективного внедрения микроГЭС с ортогональной турбиной, произведен сравнительный анализ экономических характеристик предлагаемого технического решения с аналогами. Также были рассмотрены технические характеристики заявляемого технического решения с аналогами, выявлены преимущества.

На основании проделанной работы можно сделать вывод о том, что установка микроГЭС с ортогональной турбиной не уступает своим конкурентам по экономическим и техническим характеристикам, и даже в некоторых вопросах превосходит аналоги. Например она более экономична в цене, затратах во времени и материалах на изготовление чем конкуренты. Не требует возведения плотины и изменения русла реки.

Конечно если есть возможность нужно подключиться к линиям энерго передач и получать энергию от ГЭС, так как она самая дешевая, но еще в России полно отдаленных районов, в которых нет электричества и нет возможности даже протянуть линии энерго передач, поскольку это слишком дорого. В некоторых районах даже нет дорог, и соответственно дизельные электростанции не подходят, потому что топливо быстро кончается, а привезти новое возможности нет. На эти районы и нацелен данный проект.

Огромным плюсом так же является тот факт, что гидроресурсы являются возобновляемыми. К тому же большое значение имеет:

- изношенность линий электропередач;
- сложность и высокая стоимость прокладки новых линий и в обеспечении качества электроснабжения, связанные со спецификой рельефа, транспортными проблемами;
- трудности в организации сервисного обслуживания, связанные с наличием большого количества малонаселенных труднодоступных районов, обслуживание которых не окупается.

К сожалению, ГЭС остается только ремонтировать, так как постройка новых требует значительных финансовых средств, к тому же нет подходящего места для новых ГЭС, также решаются проблемы затопления земель и загрязнения окружающей среды. Деривационные ГЭС возможно построить лишь на реках с большим уклоном, а для ГЭС должно быть огромное водохранилище. Другое дело, когда речь идет о совсем маломощных станциях, которые относятся к микроГЭС, или станциях меньше 1 МВт. В этих случаях начинает работать фактор масштаба – станции оказываются существенно более дорогими, чем крупные, причем не только на этапе строительства, но и на всех стадиях жизненного цикла. И это – главный «тормоз» развития малой гидроэнергетики.

Данная установка с инновационной ортогональной турбиной может работать на речке, ручье, технологических водотоках итд. Очевидны преимущества данной разработки, так как она выгодна по нескольким параметрам:

- простота изготовления;
- мобильность;
- относительно дешевая энергия;
- меньшее загрязнение окружающей среды и тд.

Проект будет востребован, так как он превосходит аналоги по нескольким критериям, и если полагаться на опыт конкурентов и посмотреть статистику продаж аналогов, то за 2016 год было реализовано по разовым договорам более 120 микроГЭС мощностью 10 кВт фермерам, агрофирмам, представителям местных администраций. Так же в страны дальнего зарубежья, в том числе Швецию, Финляндию, Японию, Южную Корею, Панаму, Францию, Бразилию, Афганистан поставлено более 50 гидроагрегатов для малых и микро ГЭС фирмой конкурентом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гидроэлектростанция (ГЭС) [Электронный ресурс] : studfiles. –Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/5809803/>
2. МикроГЭС. Типы гидротурбин-характеристики использование. Мини гидротурбины- малой мощности [Электронный ресурс] : Ветродвиг.RU. – Режим доступа: <http://vetrodvig.ru/mikroges-tipy-gidroturbin-harakteristiki-ispolzovanie-mini-gidroturbiny-maloj-moshhnosti/>
3. Просто гребет [Электронный ресурс] : пятый элемент. –Режим доступа: <http://5thelement.ru/water/prosto-grebet-.html>
4. Ортогональная турбина [Электронный ресурс] PoleznayaModel.ru: . – Режим доступа: <http://poleznayamodel.ru/model/10/104975.html>
5. Спирин, Е.А. О выборе типа микрогэс и ее оптимальной мощности в зависимости от гидрологических параметров / Е.А. Спирин, А.А. Никитин, Головин М.П., Карпенко В.В. // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – №1-2(16). – С. 543-547.
6. Данилова, О.Л. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях [Электронный ресурс] : учебник / О.Л. Данилова. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, 2014. – Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/6071334/>
7. Свободнопоточные ГЭС [Электронный ресурс] : rushydro –Режим доступа: <http://blog.rushydro.ru/?p=7602>
8. Микрогидроэлектростанция мощностью 10 кВт (МикроГЭС10Пр) [Электронный ресурс] : inset –Режим доступа: http://www.inset.ru/r_offers/МНРР-10Pr.htm
9. Мини-гидроэлектростанции для частного дома, дачи [Электронный ресурс] : Новостной портал fb.ru. –Режим доступа: <http://fb.ru/article/287373/mini-gidroelektrostantsii-dlya-chastnogo-doma-dachi>

10. Ортогональная турбина [Электронный ресурс] : ортогональная турбина. –Режим доступа: <http://www.rushydro.ru/upload/iblock/400/Spravochnij-tekst.pdf>

11. МикроГЭС. Типы гидротурбин-характеристики использование. Мини гидротурбины- малой мощности [Электронный ресурс] : Ветродвиг.RU. – Режим доступа: <http://vetrodivig.ru/mikroges-tipy-gidroturbin-harakteristiki-ispolzovanie-mini-gidroturbiny-maloj-moshhnosti/>

12. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях [Электронный ресурс] STUDFILES: . –Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/6071334/>

13. Подключение электричества к частному дому, участку, получение ТУ [Электронный ресурс] : <http://elektrika-24.narod.ru/>. –Режим доступа: http://elektrika-24.narod.ru/publ/podkljuchenie_ehlektrichestva/2-1-0-14

14. Сколько стоит провести электричество в частный дом? [Электронный ресурс] : energy-systems.ru. –Режим доступа: [http:// /main-articles/podklyuchenie-k-elektrosetyam/1964-skol-ko-stoit-provesti-jelektrichestvo-v-chastnyj-dom](http://main-articles/podklyuchenie-k-elektrosetyam/1964-skol-ko-stoit-provesti-jelektrichestvo-v-chastnyj-dom)